

На правах рукописи

БОЛХОВИТИНА Елена Александровна

АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
КУТИКУЛЯРНОГО АППАРАТА ПЕРЕДНЕГРУДИ
КЛОПА-СОЛДАТИКА (*PYRRHOCORIS APTERUS* L.)
В РАЗЛИЧНЫХ БИОТОПАХ ЮГА СРЕДНЕРУССКОЙ
ВОЗВЫШЕННОСТИ

03.02.08 – экология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Белгород – 2012

Работа выполнена на кафедре биотехнологии и микробиологии
ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный
национальный исследовательский университет»

Научный руководитель: доктор биологических наук, доцент
Батлуцкая Ирина Витальевна

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Анкин Василий Викторович

доктор биологических наук
Смирнова Лидия Григорьевна

Ведущая организация: Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального
образования «Ульяновский
государственный университет»

Защита диссертации состоится «25» декабря 2012 г. в 15 часов на заседании диссертационного совета Д 212.015.12 при ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» по адресу: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет».

Автореферат разослан «__» ноября 2012 г. и размещен на сайтах <http://www.bsu.edu.ru> и <http://vak.ed.gov.ru>.

Ученый секретарь диссертационного
совета кандидат биологических наук,
доцент



Н.Г. Габрук

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Животные реагируют на изменение среды активными адаптивными и микроэволюционными преобразованиями различных структур (Брагинский и др., 1971; Колчинский и др., 1990; Большаков и др., 1991; Безель и др., 1994; 2006; Newman, 1995; Chesser, Sugg, 1996; Staton et al., 2001; Hauser et al., 2003).

Популяционный уровень является важнейшей и достаточной интеграцией для целесообразного изучения взаимоотношения вида со средой (Беклемишев, 1960; Шварц, 1967; Наумов, 1963; 1972). Все необходимые данные для мониторинга на этом уровне организации живых систем поставляют отдельные организмы, развивающиеся в определенных экологических условиях (Захаров, 1987).

Аргументированный выбор вида-индикатора и его конкретного признака, поставщика информации о состоянии среды, является важнейшей задачей в осуществлении биомониторинга. С использованием сравнительного анализа возможно выявление информационно значимых метрических морфо-анатомических показателей, которые характеризуют анатомо-морфологические особенности живых организмов и их изменение под воздействием определенных экологических факторов (Биологический контроль..., 2007). Преимуществом такого подхода, основанного на оценке состояния природных популяций при учете онтогенетических особенностей организмов, является возможность выявления изменений в выбранных признаках уже в первом поколении модельных видов-биоиндикаторов, возможность получить ответы на вопросы о том, что происходит в среде, и предположить, каковы механизмы возникновения структурных преобразований исследуемых организмов в измененных условиях (Захаров, 2001).

А.Д. Слоним (1971; 1976) отмечает, что значимым для оценки состояния биотопов является изучение изменчивости структурных и функциональных характеристик организма из определенных сред обитания.

В условиях, принимаемых за норму, организм реагирует на воздействия среды посредством сложной физиологической системы буферных гомеостатических механизмов. Под воздействием неблагоприятных условий эти механизмы могут быть изменены, что приводит к нарушению развития живых систем (Стрельцов, Захаров, 2003). Изучение последних, поиск среди них информационно значимых показателей является необходимой составляющей в комплексе мониторинговых оценок. Особенности биологии модельных видов насекомых в экологических исследованиях позволяют проводить подобные исследования с получением достоверных, легко проверяемых результатов в более короткие сроки по сравнению с использованием видов других классов животных.

Анатомо-морфологические изменения в особенностях организации насекомых из популяций в определенной среде могут использоваться в региональной модели экологического мониторинга (Шапошников, 1966; Влияние антропогенных ..., 1990; Оливериусова, 1991; Бельский и др., 2005; Хоссейн, 2005).

С 1987 г. клоп-солдатик (*Pyrrhocoris apterus* Linnaeus, 1758) используется как модельный вид биоиндикации состояния различных биотопов Белгородской области. В рамках оценки состояния среды данных территорий изучена вариабельность элементов меланизированного рисунка клопа-солдатика (Батлуцкая, 2004), флуктуирующая асимметрия отдельных элементов меланизированного рисунка (Хорольская, 2006), половая структура популяций клопа-солдатика в различных биотопах (Маканина, 2011), изменчивость температурных норм развития клопа-солдатика (Балашов, 2008). Данные исследования посвящены изучению внешних проявлений изменчивости различных признаков клопа-солдатика на популяционном уровне, однако до сих пор отсутствуют данные по анатомо-морфологическим особенностям строения кутикулярного аппарата насекомых из различных биотопов, отличающихся уровнем антропогенного воздействия (АВ).

Кутикулярный аппарат переднегруди насекомых является пограничной структурой между внешней и внутренней средами. Вся организация насекомых связана с защитой от высыхания и экономией влаги. Важную роль в осуществлении адаптационного процесса играет кутикула насекомых. Эволюция насекомых в значительной степени идет за счет кутикулярного аппарата. Возможно, этим можно объяснить видовое разнообразие и легкую приспособленность к условиям среды (Четвериков, 1915).

Таким образом, изучение метрических особенностей структур кутикулярного аппарата переднегруди клопа-солдатика из различных биотопов является актуальным. Полученные данные позволяют найти взаимосвязь между метрическими и экологическими показателями.

Цель и задачи исследования. Цель работы – выявление анатомо-морфологических особенностей кутикулярного аппарата переднегруди клопа-солдатика из различных биотопов юга Среднерусской возвышенности (на примере Белгородской области).

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

– изучить морфологические особенности строения кутикулярного аппарата переднегруди клопа-солдатика из различных биотопов юга Среднерусской возвышенности;

– проанализировать вариабельность метрических признаков кутикулярного аппарата переднегруди клопа-солдатика из популяций, испытывающих различный уровень АВ с учетом половой принадлежности;

– изучить сезонную изменчивость метрических характеристик кутикулярного аппарата переднегруди клопа-солдатика;

– оценить разнообразие метрических показателей кутикулярного аппарата переднегруди клопа-солдатика из популяций, обитающих в исследуемых биотопах, отличающихся уровнем АВ.

Научная новизна. Впервые проведено детальное изучение особенностей строения кутикулярного аппарата переднегруди клопа-солдатика из различных биотопов юга Среднерусской возвышенности. Получены метрические показатели

толщины слоев кутикулярного аппарата переднегруди клопа-солдатика из различных биотопов. Выявлены различия между половозрелыми особями самцов и самок по толщине эндокутикулы переднеспинки и переднегрудки клопа-солдатика. По метрическим характеристикам кутикулярного аппарата наиболее выражены сезонные различия в толщине эндокутикулы переднеспинки. Толщина эндокутикулы переднеспинки клопа-солдатика больше в биотопах со слабым уровнем АВ, в отличие от насекомых из биотопов с сильным уровнем АВ.

Основные положения, выносимые на защиту:

- кутикулярный аппарат переднеспинки и переднегрудки клопа-солдатика различен по анатомо-морфологическим характеристикам;
- самцы и самки клопа-солдатика всех генераций отличаются по метрическим показателям слоев кутикулярного аппарата переднегруди;
- метрические значения толщины эндокутикулы переднеспинки клопа-солдатика являются важной анатомической характеристикой адаптационной стратегии данного вида.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные данные по структуре кутикулярного аппарата переднегруди клопа-солдатика из различных биотопов вносят вклад в развитие экологии насекомых.

Основные положения и выводы диссертации могут быть использованы в учебном процессе и научно-исследовательской работе биолого-химического факультета ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет».

Апробация работы. Основные положения и результаты работы были представлены на научных и научно-практических конференциях: «Экологическая безопасность современных социально-экономических систем» (Москва, 2009); «Эволюционная и популяционная экология (назад в будущее)» (Екатеринбург, 2009); «Биологические системы: устойчивость, принципы и механизмы функционирования» (Нижний Тагил, 2010), а также на лабораторной работе «Молекулярные комплексы кутикулы в анатомо-морфологическом подходе к энтомобиоиндикации наземных экосистем» в рамках проведения Всероссийской школы-семинара «Нанобиотехнологии: проблемы и перспективы» (Белгород, 2009); осуществлено руководство и выполнение Государственного контракта № П2028 от 02.11.2009 г. в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы по проблеме «Анатомо-морфологическое обоснование использования информационно значимых показателей изменчивости меланизированного рисунка переднеспинки клопа-солдатика в биоиндикации».

Публикации. По теме диссертации опубликовано 8 научных работ, 3 из которых в изданиях, рекомендуемых перечнем ВАК РФ.

Декларация личного участия автора. Полевые и экспериментальные исследования выполнялись автором лично или при непосредственном участии в составе научного коллектива лаборатории «Биоиндикация наземных экосистем» ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский

университет» с 2008-2010 гг. Обработка полученных данных, их интерпретация и оформление осуществлены автором самостоятельно. В совместных публикациях вклад автора составил около 80%.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и выводов, библиографического списка и приложения. Работа изложена на 181 странице машинописного текста, включает 16 рисунков и 51 таблицу. Библиографический список содержит 159 наименований, из них 41 – на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИЙ И ПОПУЛЯЦИОННЫЙ УРОВНИ ИССЛЕДОВАНИЯ АДАПТАЦИОННЫХ СТРАТЕГИЙ НАСЕКОМЫХ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Приводится обзор современной отечественной и зарубежной литературы по морфологическим и структурным адаптационным показателям популяций насекомых в различных биотопах, особенностям строения, выполняемым функциям и формирования кутикулярного аппарата насекомых.

Глава 2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ОБСЛЕДОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЮГА СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

В аспекте административного районирования юг Среднерусской возвышенности представлен Белгородской (центральная часть), Курской (северо-западные склоны), Воронежской (юго-восточные склоны) областями и частично территорией Украины. Сбор материала осуществляли в различных административных районах Белгородской области, отличающихся природно-климатическими условиями.

В данной главе представлены природно-климатические и экологические характеристики территорий Алексеевского, Борисовского, Белгородского, Корочанского и Старооскольского районов Белгородской области, в которых проводилось исследование.

Оценка экологического состояния изучаемых биотопов осуществлялась согласно ранее предложенной шкале уровня АВ для Белгородской области (Батлуцкая, 2004), включающей запатентованный способ (2005124084/13, 28.07.2005). Экологический анализ биотопов проводился по трем факторам: частоте встречаемости элемента Π_1 меланизированного рисунка кутикулы переднеспинки клопа-солдатика; содержанию в пахотном слое почвы и в растениях некоторых тяжелых металлов (Zn, Cd, Pb, Mn), на основании данных С.В. Меленцовой (2007), А.А. Романьковой (2011) и по удаленности анализируемых биотопов от дорог.

С учетом трех факторов были выделены две группы биотопов, испытывающих различный уровень АВ: слабый и сильный (табл. 1). Первая

группа биотопов (КС*, КС-1, КС-2 и КС-4), испытывающих меньшую антропогенную нагрузку: частота встречаемости элемента П₁ меланизированного рисунка переднеспинки клопа-солдатика – 60-80%, содержание тяжелых металлов в пашне и в растениях не превышает нормативных концентраций, расположены вдали от больших и малых городов, места сбора удалены от автотранспортных дорог. В анализируемых биотопах ближайшие промышленные предприятия находятся приблизительно в 30 км от места проведения сбора популяционных выборок. Вторая группа биотопов (КС-3, КС-5 и КС-6), испытывающих высокие антропогенные нагрузки: частота встречаемости элемента П₁ меланизированного рисунка переднеспинки клопа-солдатика – 6-17%, по содержанию тяжелых металлов в пашне и в растениях (по содержанию Cd) значения не превышают нормативных концентраций. Однако по содержанию в растениях Pb значения находятся в зоне критических концентраций. Удаленность от дорог – 10-450 м.

Таблица 1

Характеристика биотопов обитания популяций клопа-солдатика

Биотоп (сокр. обозначение)	Характеристика биотопа	Уровень АВ
КС*	Белгородская область, Борисовский р-он. Заповедный участок «Лес на Ворскле», нагорная дубрава. Дорожка под липой, не затененная кронами деревьев	слабый
КС-1	Белгородская область, Красногвардейский р-он, урочище «Лиман». Травянистый покров, не затененный кронами деревьев. Растительность разнотравно-злаковая	слабый
КС-2	Белгородская область, Красногвардейский р-он, урочище «Лиман». Древесная растительность (липа мелколистная, клен остролистный, осина). Пост охраны, удаленность от дорог более 2 км. Место сбора, затененное кронами деревьев	слабый
КС-3	Белгородская область, Алексеевский р-он, г. Алексеевка, детский сад № 50, находящийся в 300 м от территории предприятия «Эфко». Аллея лип вокруг здания, растительность обедненная, разреженная, разнотравно-злаковая. Расстояние до ближайшей автодороги 300 м	сильный
КС-4	Белгородская область, Корочанский р-он, с. Анновка. Обочина проселочной дороги. Растительность обедненная, разреженная, злаково-разнотравная. По краям обочины произрастает клен американский	сильный
КС-5	Белгородская область, г. Белгород, ул. Везельская. Промышленная зона (ООО «Дорстрой», ЗАО «Энергомаш»). Обочина автодороги. Растительность обедненная, разреженная. Древесная растительность: липы вдоль дороги	сильный
КС-6	Белгородская область, Старооскольский р-он, г. Старый Оскол. Территория городского парка. Растительность бобово-злаковая, среди древесной растительности произрастает сосна, липа, береза, осина. Расстояние до ближайшей автодороги 450 м	сильный

Биотопы, из которых производили сбор насекомых, расположены в районах Белгородской области, отличающихся по природно-климатическим характеристикам. Алексеевский, Красногвардейский и Старооскольский районы характеризуются следующими показателями: гидротермический коэффициент (ГТК) от 1,0 до 1,1, сумма активных температур достигает 2700⁰С, годовое количество осадков составляет 550-600 мм; Белгородский, Корочанский и Борисовский районы: ГТК более 1,1, сумма температур не превышает 2650⁰С, годовая сумма осадков 600 мм и более (Авраменко и др., 2007).

Глава 3. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материал исследования сформирован по результатам изучения изменчивости метрических показателей основных элементов кутикулярного аппарата переднегруди клопа-солдатика. В основу работы положены данные, полученные при обработке популяционных выборок из биотопов г. Белгорода, г. Алексеевки, г. Старого Оскола, а также Борисовского, Корочанского, Красногвардейского районов Белгородской области. Эти биотопы были взяты для исследования на основании их предыдущего изучения по показателям флуктуирующей асимметрии элементов меланизированного рисунка и половой структуры популяций клопа-солдатика из различных биотопов (табл. 1).

Сбор материала осуществляли в течение трех полевых сезонов 2008-2010 гг.

Объектом исследования являлся клоп-солдатик (*Pyrrhocoris apterus* L.), который относится к семейству Красноклопы (*Pyrrhocoridae*), подотряду Щитникообразные (*Pentatomomorpha*), отряду Настоящие полужесткокрылые, или Клопы (*Heteroptera*), классу Насекомые (*Insecta*), типу Членистоногие (*Arthropoda*), царству Животные (*Animalia*) (Росс и др., 1985).

Из исследуемых биотопов произведено 57 выборок. Объем выборки из каждого биотопа составлял от 80 до 143 особей клопа-солдатика. Всего собрано 6675 особей. Для микротомирования были выделены 1140 насекомых. Микротомирование этих насекомых позволило получить около 2923 микропрепаратов, которые объединяли около 70150 поперечных срезов переднеспинки клопа-солдатика.

При проведении диссертационного исследования был применен комплекс общепринятых методов полевых наблюдений и камеральной обработки.

Для получения метрических характеристик кутикулярного аппарата переднегруди клопа-солдатика использовались общепринятые методы приготовления постоянных гистологических препаратов (Ромейс, 1953; Роскин, 1957; Меркулов, 1969; Лилли, 1969). Однако полученные препараты не отвечали всем требованиям, предъявляемым к ним. В этой связи мы адаптировали методику применительно к кутикулярно-мышечному аппарату клопа-солдатика. Гистологические срезы получены на микротоме *Slide 2002*.

Приготовленные микропрепараты рассматривались под микроскопом Микмед 1 Вар.2. (об. 40^x, 100^x; ок. 10^x, 15^x). Замеры на препаратах производили с помощью окуляр-микрометра 10^x.

Статистическую обработку полученных количественных данных производили с помощью редактора *Microsoft Excel* и программы «*Statistica 6.0*».

Проверку гипотезы о нормальности распределения значений выборочного наблюдения осуществляли с помощью вычисления показателей асимметрии и эксцесса. Если выборка подчинялась закону нормального распределения, достоверность различий между исследуемыми группами определяли с помощью t-критерия Стьюдента. Однако не весь полученный числовой материал подчиняется закону нормального распределения. В этом случае оценку статистической значимости различий в группах проводили с использованием U-критерия Манна-Уитни. Для изучения наличия или отсутствия зависимости между переменными использовали дисперсионный анализ, а для изучения связи между двумя переменными – коэффициент корреляции Спирмена. За уровень статистически значимых принимали изменения при $P \leq 0,05$. Оценка генеральных параметров производилась в форме доверительных интервалов ($M \pm \Delta$).

Глава 4. АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КУТИКУЛЯРНОГО АППАРАТА ПЕРЕДНЕГРУДИ РАЗНОПОЛЫХ ОСОБЕЙ КЛОПА-СОЛДАТИКА В БИОТОПАХ ЮГА СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Структурные особенности кутикулярного аппарата переднегруди клопа-солдатика

Для изучения общих морфологических и метрических характеристик кутикулы разнополых особей клопа-солдатика были приготовлены серийные микропрепараты поперечного среза кутикулярного аппарата переднегруди насекомых.

Основу покровов насекомых составляет гиподерма. Наши исследования показали, что клетки гиподермы переднегруди клопа-солдатика имеют столбчатую форму, одноядерны. Гиподерма изнутри подостлана базальной мембраной и снаружи покрыта кутикулой.

Кутикула состоит из эпи- и прокутикулы, которые, в свою очередь, подразделяются на вторичные слои. Эпикутикула подразделяется на четыре слоя: кутикулиновый, полифеноловый, восковой и цементный. На срезах она представляет собой полупрозрачную поверхностную линию.

Прокутикула насекомых подразделяется на примыкающую к гиподерме мягкую эндокутикулу и расположенную над ней более прочную экзокутикулу (рис. 1).

Анализ полученных препаратов позволил установить, что прокутикула переднеспинки над мышечными пучками расположена сплошным слоем, в прокутикуле переднегрудки, а также по краям латеральных сторон

переднеспинки клопа-солдатика расположены полости ($14,50 \pm 1,73$ – $140,12 \pm 11,81$ мкм), рассеченные опорными балками, перегородками (рис. 2).

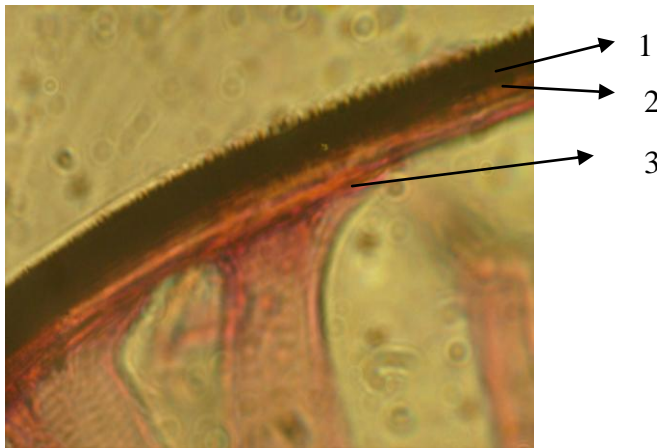


Рис. 1. Строение кутикулярного аппарата переднеспинки клопа-солдатика (увеличение 40×15):
1 – эпикутикула; 2 – прокутикула;
3 – клетки гиподермы

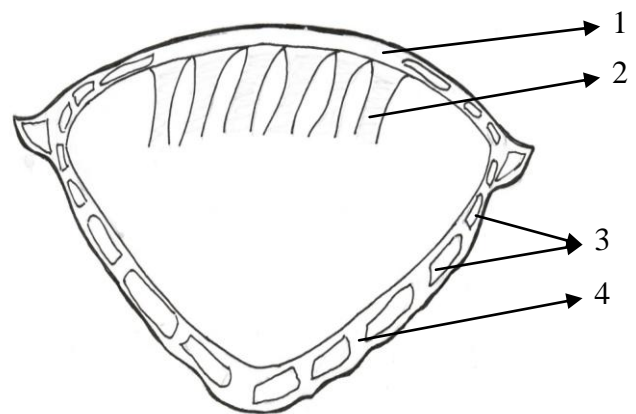


Рис. 2. Структурные особенности строения эндокутикулярного слоя кутикулярного аппарата переднегруди клопа-солдатика:
1 – эндокутикула; 2 – мышечный пучок;
3 – полости; 4 – перегородка

По результатам исследования нами не обнаружено различий между самками и самцами по морфологическим особенностям строения кутикулярного аппарата переднегруди клопа-солдатика.

Метрические значения толщины слоев кутикулярного аппарата переднегруди перезимовавших особей, особей I и II поколения клопа-солдатика с учетом пола

Для выявления отличий разнополых особей по метрическим характеристикам кутикулярного аппарата переднегруди клопа-солдатика нами были осуществлены замеры по следующим показателям: на переднеспинке – толщины экзокутикулы и эндокутикулы; на переднегрудке – толщины эндокутикулы и перегородок в ней.

Метрические характеристики кутикулярного аппарата были получены по особям разных поколений: I и II. Особи II поколения рассматривались в двух отдельных группах, отличающихся временем сбора: собранные осенью и перезимовавшие особи, собранные весной.

Установлено, что самцы и самки двух поколений по толщине экзокутикулы и перегородок эндокутикулярного слоя переднегрудки в подавляющем большинстве сравниваемых данных не отличаются. Однако по толщине эндокутикулы переднеспинки и переднегрудки установлены достоверные отличия между самцами и самками клопа-солдатика в 2008-2010 гг. Это характерно для двух поколений.

Общеизвестно, что большинство мерных морфологических признаков скоррелировано с размерами тела (Гречаный, 2004). Так как у насекомых именно по показателям толщины эндокутикулы переднеспинки и переднегрудки обнаружены достоверные различия между самцами и самками, корреляционный анализ проводили с использованием этих показателей. По результатам исследования длины тела перезимовавших особей II поколения клопа-солдатика не обнаружено достоверных различий по этому показателю между самцами и самками за период исследования. Мы склонны объяснять такое обстоятельство наличием всех необходимых ресурсов для нормального развития особей I поколения, которое происходит в период с июня по июль.

Установлено, что у самок I поколения из популяций всех проанализированных биотопов наблюдается тенденция к большей длине тела по сравнению с самцами. Однако достоверные различия между самками и самцами в длине тела обнаружены только в 2 анализируемых биотопах из 6 за каждый год исследования (2008-2009 гг. – КС-1, КС-2), самки достоверно больше самцов. В 2010 г. самки достоверно больше самцов в биотопах с сильным уровнем АВ (КС-3, КС-5, КС-6), а в выборке из популяции биотопов, характеризующихся малым уровнем АВ (КС-1, КС-2), не обнаружено достоверных различий в длине тела самцов и самок.

Обнаружены достоверные различия в длине тела особей клопа-солдатика II поколения, собранных осенью (2008-2009 гг.), которые свидетельствуют о том, что самки достоверно больше самцов в изучаемых биотопах с разным уровнем АВ, в отличие от насекомых из популяционных выборок 2010 г.

По результатам корреляционного анализа установлены единичные достоверные различия между длиной тела и толщиной эндокутикулы переднеспинки и переднегрудки особей клопа-солдатика. Единичные достоверные различия характерны для двух поколений особей клопа-солдатика. Таким образом, корреляционную связь между длиной тела и толщиной эндокутикулы переднегрудки в анализируемом материале нельзя считать закономерной.

Сезонная изменчивость метрических признаков кутикулярного аппарата переднегрудки клопа-солдатика

В ходе проведенного исследования установлено, что по длине тела самки крупнее осенью, чем весной и летом, в отличие от самцов, которые осенью мельче. По метрическим характеристикам кутикулярного аппарата наиболее выражены сезонные различия по толщине эндокутикулы переднеспинки и толщине перегородок эндокутикулярного слоя переднегрудки клопа-солдатика. Максимальные значения по толщине эндокутикулы переднеспинки клопа-солдатика наблюдаются весной и летом, а минимальные – осенью (табл.2).

**Толщина эндокутикулы переднеспинки клопа-солдатика
из различных биотопов Белгородской области, мкм (M±m)**

Биотоп	Перезимовавшие особи		I поколение		II поколение (собранные осенью)	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
КС-1	15,49±3,35	16,97±4,11	17,66±6,61	18,37±6,80	9,38±0,27	10,31±0,03
КС-2	16,36±2,45	18,50±3,73	16,44±4,10	17,80±5,34	10,14±0,39	11,06±0,73
КС-3	12,47±3,46	13,49±4,12	9,55±0,80	10,45±1,34	7,78±0,14	8,31±0,22
КС-4	10,21±1,06	10,44±1,16	8,20±0,19	9,24±0,87	7,29±0,57	7,90±0,44
КС-5	7,62±0,15	8,06±0,11	6,94±0,26	7,66±0,55	6,50±0,26	8,17±0,37
КС-6	7,64±0,06	8,30±0,21	7,81±0,34	8,42±0,61	6,25±0,07	7,06±0,53

Соответственно, особи II поколения, собранные осенью самцы и самки, достоверно мельче по сравнению с особями из других генераций (перезимовавшие особи II поколения, I поколения). По толщине перегородок эндокутикулярного слоя переднегруди не обнаружено единой тенденции в сторону увеличения или уменьшения исследуемого показателя по генерациям.

Обнаруженная сезонная динамика морфометрических признаков кутикулярного аппарата может иметь значение для оценки хронологии биологических сезонов популяций клопа-солдатика, уточнения параметров адаптивных стратегий клопа-солдатика в условиях сезонно меняющихся факторов.

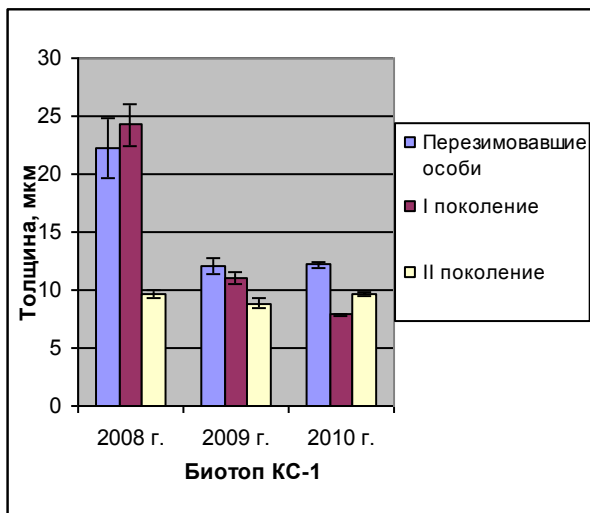
**Глава 5. ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
КУТИКУЛЯРНОГО АППАРАТА ПЕРЕДНЕГРУДИ
КЛОПА-СОЛДАТИКА ИЗ БИОТОПОВ ЮГА СРЕДНЕРУССКОЙ
ВОЗВЫШЕННОСТИ, ОТЛИЧАЮЩИХСЯ УРОВНЕМ
АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Для осуществления оценки разнообразия метрических показателей кутикулярного аппарата переднегруди особей клопа-солдатика, обитающих в исследуемых биотопах, отличающихся уровнем АВ, нами был проведен статистический анализ метрических данных слоев кутикулярного аппарата.

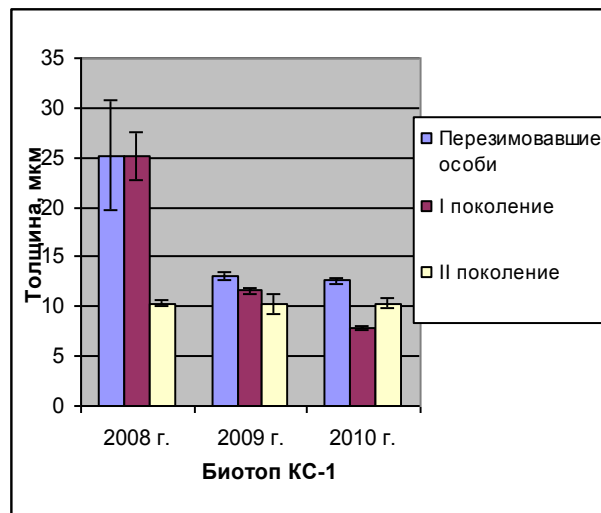
Материал данной главы сформирован на основании изучения препаратов серийных гистологических срезов покровов переднегруди клопа-солдатика.

**Изменчивость толщины эндокутикулы переднеспинки клопа-солдатика
из различных природных популяций с учетом пола**

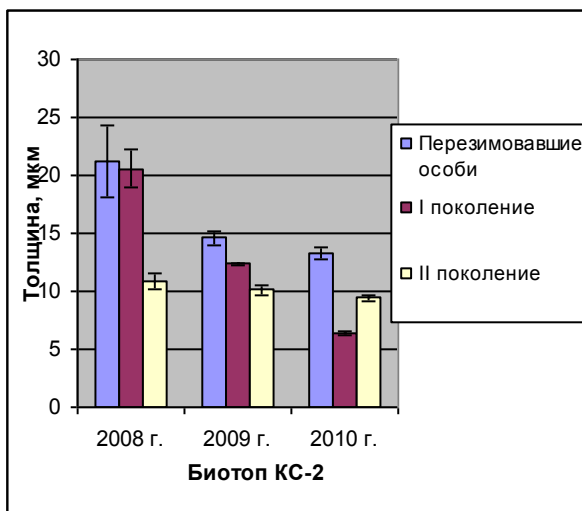
Средние значения толщины эндокутикулы переднеспинки клопа-солдатика по каждой условно выделенной группе биотопов представлены графически на рисунках 3 и 4.



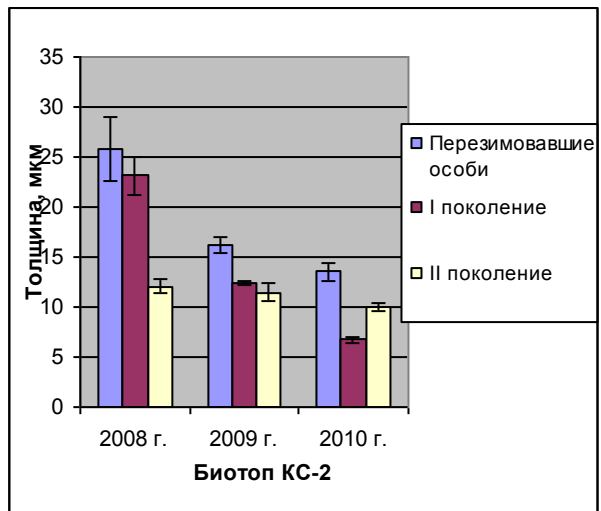
♂ а)



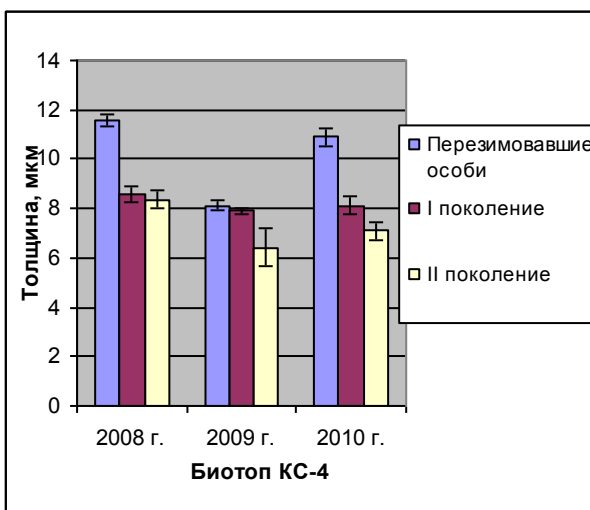
♀ б)



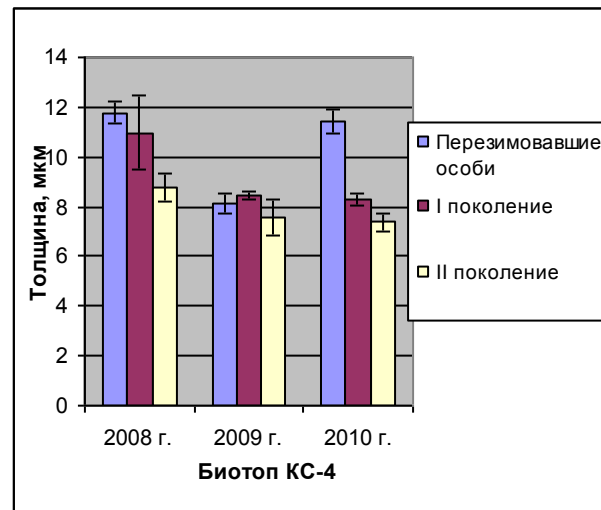
♂ в)



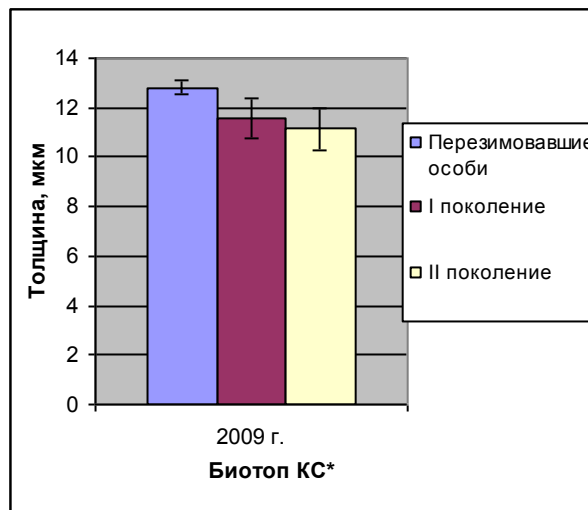
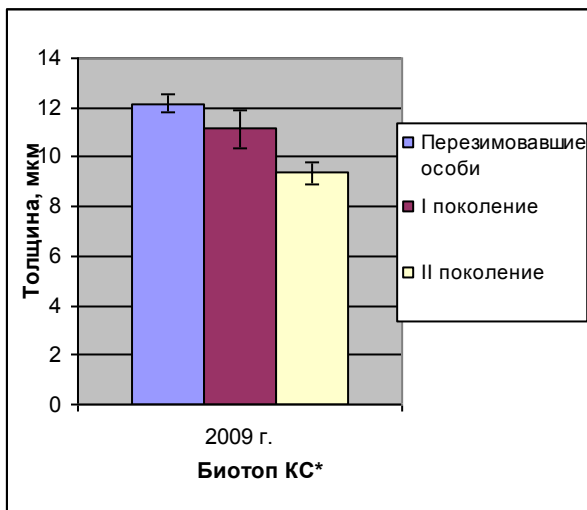
♀ г)



♂ д)



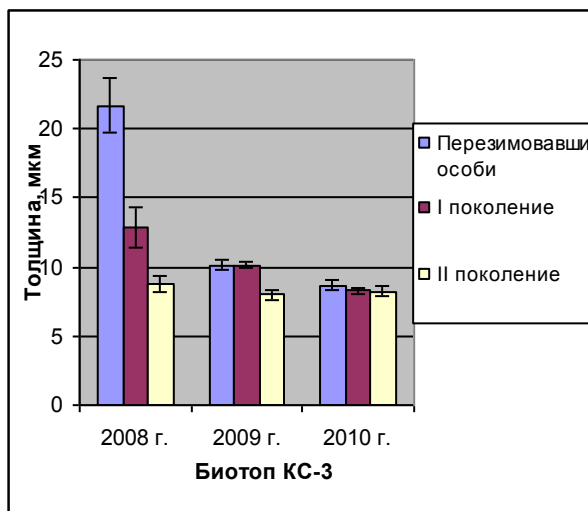
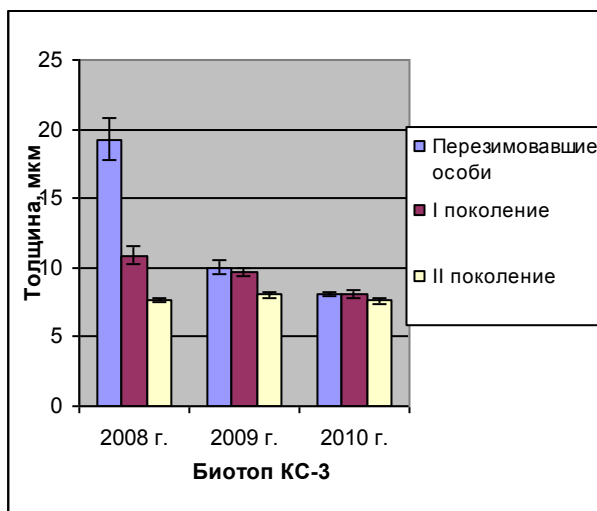
♀ е)



♂ ж)

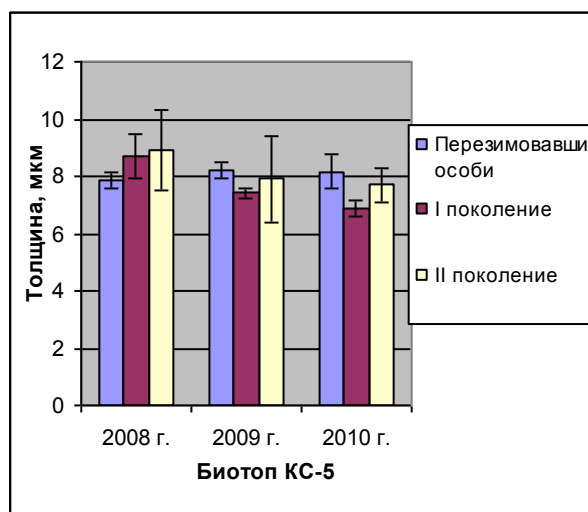
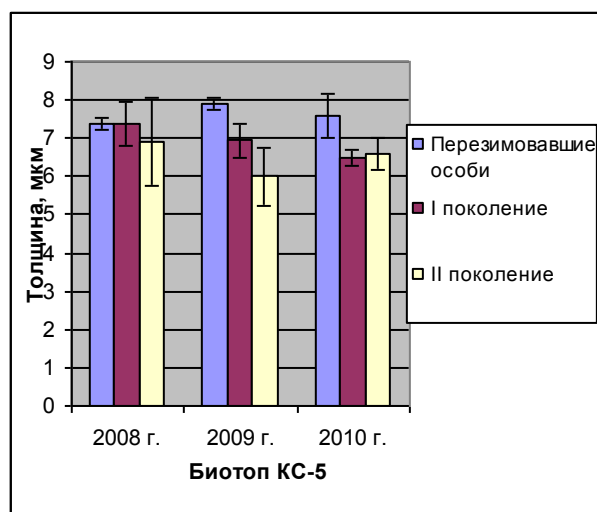
♀ з)

Рис. 3. Динамика толщины эндокутикuly переднеспинки клопа-солдатика из биотопов с малым уровнем АВ:
а, б – биотоп КС-1; в, г – биотоп КС-2; д, е – биотоп КС-4; ж, з – биотоп КС*



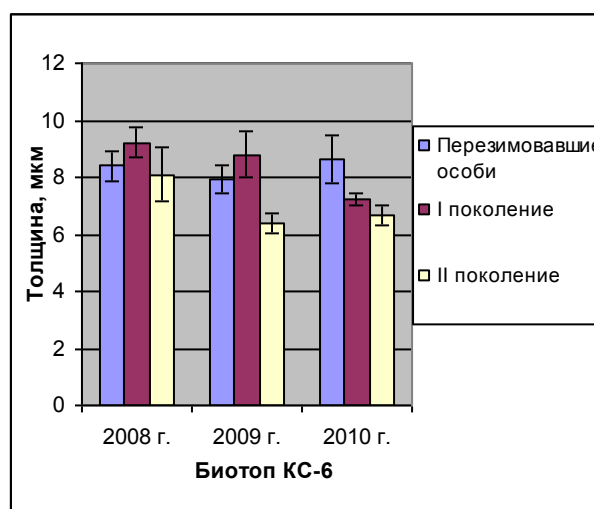
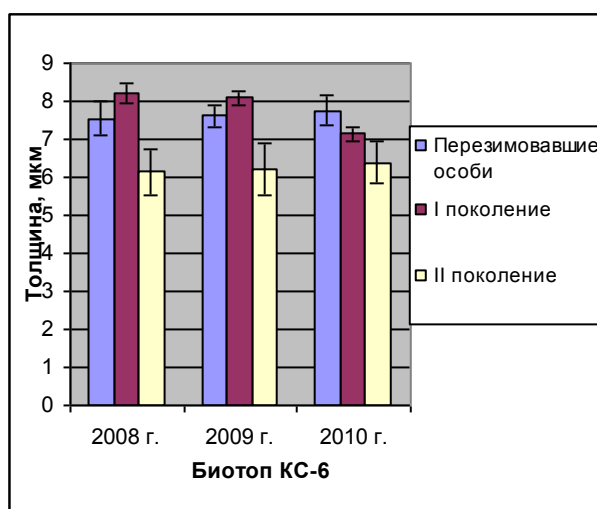
♂ а)

♀ б)



♂ в)

♀ г)



♂ д)

♀ е)

Рис. 4. Динамика толщины эндокутикулы переднеспинки клопа-солдатика из биотопов с сильным уровнем АВ:
а, б – биотоп КС-3; в, г – биотоп КС-5; д, е – биотоп КС-6

Обнаружена высокая изменчивость толщины эндокутикулы переднеспинки клопа-солдатика из биотопов со слабым уровнем АВ (рис. 3), средние значения толщины анализируемого показателя из биотопов с сильным уровнем АВ равны или лежат в одних и тех же пределах, за исключением данных из биотопа КС-3, 2008 г. (рис. 4). Для оценки различий метрических значений толщины эндокутикулы переднеспинки клопа-солдатика применяли однофакторный дисперсионный анализ и критерии достоверности.

По результатам однофакторного дисперсионного анализа (проведен по данным анализируемого признака насекомых из всех биотопов и в пределах выделенных групп) выявлена высокая степень оригинальности популяционных выборок клопа-солдатика.

С использованием критериев достоверности установлено, что толщина эндокутикулы переднеспинки клопа-солдатика в исследуемых группах биотопов (биотопы с малым и сильным уровнем АВ) по абсолютным значениям этого признака, для подавляющего большинства сравниваемых значений у насекомых из биотопов, выявлены достоверные различия между всеми популяциями ($P \leq 0,05$).

Так как II поколение особей клопа-солдатика исследовалось в разные сезоны года (осень и весна), нами осуществлена сравнительная оценка данных по изучаемому признаку. По результатам статистической обработки установлено, что в средних значениях толщины эндокутикулы переднеспинки клопа-солдатика между особями II поколения, собранными в разное время года, наблюдаются достоверные различия ($P \leq 0,05$). Для подавляющего большинства характерно, что перезимовавшие особи (собранные весной) больше по толщине эндокутикулы переднеспинки, чем особи, собранные осенью.

Из рисунков 3 и 4 видно, что в 2008 г. толщина эндокутикулы переднеспинки клопа-солдатика в популяционных выборках из биотопов КС-1 и

КС-2 характеризуется значительно большими значениями. Предполагаем, что это связано с суммой накопленных температур в весенние месяцы. В этот период происходит выход из диапаузы и возвращение особей к более активному метаболизму.

Известно, что для нормального развития полужесткокрылых необходим порог температурного развития – $+12,2 \pm 2,3^{\circ}\text{C}$ (Саулич, Мусолин, 2007). Сумма эффективных температур в среднем для отряда составляет $414,6 \pm 198,0^{\circ}/\text{дн.}$ (Kiritani, 1997).

По данным метеостанций Белгородской области, в 2008 г. в Алексеевском районе наблюдались более значительные суммы эффективных температур и меньшие колебания в суммах температур между апрелем и маем, чем в последующие годы исследования, то есть уже во второй половине апреля достигнут порог температурного развития клопа-солдатика (рис. 5-6). Возможно, это и приводит к более раннему выделению клетками гиподермы слоев кутикулы. При интенсификации обмена веществ клетки гиподермального слоя активнее используют энергетические ресурсы жирового тела, что отражается в более значительном формировании эндокутикулярных структур.

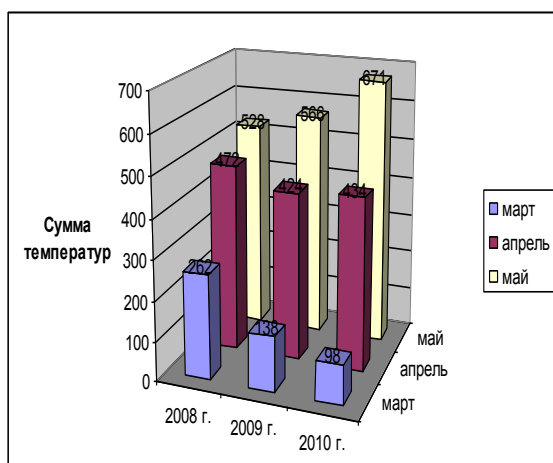


Рис. 5. Сумма температур воздуха (дневная температура) г. Алексеевки за 2008-2010 гг.

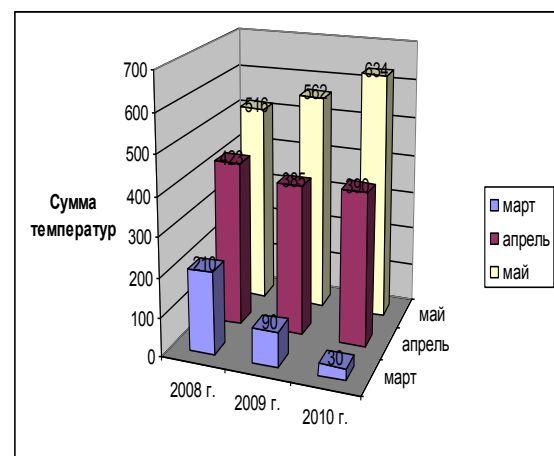


Рис. 6. Сумма температур воздуха (дневная температура) г. Белгорода за 2008-2010 гг.

При анализе рисунков 3 и 4 по метрическим данным изучаемого признака у насекомых из биотопов КС-1, КС-2 с аналогичными показателями особей из биотопов КС-5, КС-6 видно, что в 2010 г. между исследуемыми данными насекомых из различных групп биотопов отличий не обнаружено.

Установлено, что внутри каждой группы биотопов (биотопы с малым и сильным уровнями АВ) существуют достоверные различия, которые указывают на то, что даже в схожих условиях обитания (по уровню АВ и природно-климатическим характеристикам) насекомые отличаются по толщине эндокутикулы переднеспинки.

Из представленных в таблице 3 значений пределов варьирования толщины эндокутикулы переднеспинки в группе биотопов с малым уровнем АВ

исключены данные по насекомым из биотопов КС-1, КС-2, 2010 г. в связи с обработкой территорий инсектицидами.

Таблица 3

**Пределы варьирования толщины эндокутикулы переднеспинки
клопа-солдатика, мкм**

Пол	Биотопы с малым уровнем АВ	Биотопы с сильным уровнем АВ
	$X_{\min} - X_{\max}$	$X_{\min} - X_{\max}$
Перезимовавшие особи		
♂	8,13±0,20 – 22,20±2,62	7,38±0,17 – 19,29±1,46
♀	8,12±0,37 – 25,80±3,13	7,84±0,29 – 21,69±1,96
I поколение		
♂	7,90±0,12 – 24,27±1,77	6,48±0,21 – 10,87±0,67
♀	8,44±0,17 – 25,17±2,35	6,86±0,29 – 12,91±1,46
II поколение		
♂	6,43±0,74 – 10,82±0,66	6,00±0,76 – 8,05±0,22
♀	7,37±0,34 – 12,07±0,73	6,40±0,35 – 8,91±1,43

Обнаружены различия размаха вариации толщины эндокутикулы переднеспинки клопа-солдатика в пределах каждой группы биотопов (табл. 3).

Размах вариации толщины эндокутикулы переднеспинки перезимовавших особей из выделенных двух групп биотопов имеет схожие значения. У этой группы особей действует экологическая стратегия, направленная на выход из диапаузы. У особей клопа-солдатика I поколения размах вариации отличается, он значительный в группе биотопов с малым уровнем АВ, в отличие от биотопов с сильным уровнем АВ. При анализе максимальных и минимальных значений толщины эндокутикулы переднеспинки клопа-солдатика (пределов варьирования) обнаружены меньшие значения в группе биотопов, подверженных сильному уровню АВ.

У особей клопа-солдатика II поколения, собранных осенью, размах вариации толщины эндокутикулы переднеспинки в 4-5 раз меньше по сравнению с аналогичными данными у перезимовавших особей и особей I поколения. Нижние и верхние границы пределов варьирования (максимальные и минимальные значения) толщины эндокутикулы переднеспинки меньше у особей из группы биотопов с сильным уровнем АВ по сравнению с особями из группы биотопов с малым уровнем АВ.

Пределы варьирования (максимальные и минимальные значения) толщины эндокутикулы переднеспинки в пределах выделенных групп биотопов меньше у самцов по сравнению с самками (табл. 3).

**Изменчивость толщины эндокутикулы переднегрудки клопа-солдатика
из различных природных популяций с учетом пола**

Анализ размаха вариации средних значений толщины эндокутикулы переднегрудки клопа-солдатика из групп биотопов позволил установить, что он

несколько больше или равен у насекомых из биотопов с малым уровнем АВ по сравнению с особями из биотопов с сильным уровнем АВ (табл. 4).

Таблица 4

**Пределы варьирования толщины эндокутикулы переднегрудки
клопа-солдатика, мкм**

Пол	Биотопы с малым уровнем АВ	Биотопы с сильным уровнем АВ
	$X_{\min} - X_{\max}$	$X_{\min} - X_{\max}$
Перезимовавшие особи		
♂	20,36±1,87 – 27,18±1,65	22,53±4,42 – 25,79±2,76
♀	25,39±1,57 – 32,61±2,43	25,85±2,07 – 29,63±1,78
I поколение		
♂	23,03±1,36 – 26,70±1,73	23,27±1,60 – 25,46±1,97
♀	25,36±2,76 – 29,30±0,96	24,83±1,91 – 29,71±0,69
II поколение		
♂	20,27±1,14 – 26,22 ± 1,24	21,75±4,72 – 27,86±1,95
♀	24,32±1,20 – 28,56±1,92	26,74±2,16 – 29,28±1,90

При анализе максимальных и минимальных значений (пределов варьирования) толщины эндокутикулы переднегрудки клопа-солдатика в пределах исследуемых групп биотопов обнаружены схожие значения для самцов и самок. В группе биотопов с сильным уровнем АВ изменчивость значений толщины эндокутикулы переднегрудки клопа-солдатика (самцов и самок) меньше, чем у насекомых из группы биотопов с малым уровнем АВ, однако достоверных различий в исследуемых данных не обнаружено. Пределы варьирования толщины эндокутикулы переднегрудки клопа-солдатика меньше у самцов по сравнению с самками (табл. 4).

Установлено, что в средних значениях толщины эндокутикулы переднегрудки клопа-солдатика между особями II поколения, собранными в разное время, для подавляющего большинства насекомых не наблюдается достоверных различий ($P \geq 0,05$).

Таким образом, в указанных двух группах биотопов не представляется возможным выделить характерные информационно значимые значения толщины эндокутикулы переднегрудки клопа-солдатика в зависимости от уровня АВ.

**Изменчивость толщины перегородок эндокутикулярного слоя
переднегрудки клопа-солдатика из различных природных популяций
с учетом пола**

Анализ размаха вариации средних значений толщины перегородок эндокутикулярного слоя переднегрудки клопа-солдатика из групп биотопов позволил установить, что он практически одинаковый по абсолютным значениям у перезимовавших особей и особей I поколения (самцов и самок) из биотопов с малым уровнем АВ по сравнению с насекомыми из биотопов с сильным уровнем АВ (табл. 5). Размах вариации толщины перегородок больше у особей клопа-солдатика II поколения из биотопов с малым уровнем АВ.

**Пределы варьирования толщины перегородок эндокутикулярного слоя
переднегрудки клопа-солдатика, мкм**

Пол	Биотопы с малым уровнем АВ	Биотопы с сильным уровнем АВ
	$X_{\min} - X_{\max}$	$X_{\min} - X_{\max}$
Перезимовавшие особи		
♂	10,94±0,67 – 15,43±1,31	11,78±1,46 – 15,42±1,58
♀	11,94±1,08 – 15,30±2,59	12,46±0,91 – 16,38±2,33
I поколение		
♂	12,42±1,32 – 16,65±1,69	13,29±1,16 – 18,03±1,39
♀	13,20±0,97 – 16,22±1,45	13,97±1,43 – 16,54±1,28
II поколение		
♂	10,47±0,81 – 17,55±1,09	12,77±0,78 – 16,14±1,69
♀	12,44±0,43 – 18,38±1,93	12,30±0,45 – 15,21±2,20

Обнаружены схожие метрические данные в нижних и верхних границах пределов варьирования (в минимальных и максимальных значениях) толщины перегородок эндокутикулярного слоя переднегрудки клопа-солдатика из исследуемых групп биотопов (табл. 5). В группе биотопов с сильным и малым уровнями АВ (перезимовавшие особи и особи клопа-солдатика I поколения) по абсолютным значениям этого признака для подавляющего большинства не выявлено достоверных различий между всеми популяциями ($P \geq 0,05$).

Таким образом, в указанных двух группах биотопов не представляется возможным выделить характерные информационно значимые значения толщины перегородок эндокутикулярного слоя переднегрудки клопа-солдатика в зависимости от уровня АВ.

**Изменчивость толщины экзокутикулы переднеспинки клопа-солдатика
из различных природных популяций с учетом пола**

Анализ группы биотопов по размаху вариации средних значений толщины экзокутикулы переднеспинки клопа-солдатика позволяет сделать вывод, что он незначительный по абсолютным значениям для всех особей (самцов и самок) (табл. 6).

Таблица 6

**Пределы варьирования толщины экзокутикулы переднеспинки
клопа-солдатика, мкм**

Пол	Биотопы с малым уровнем АВ	Биотопы с сильным уровнем АВ
	$X_{\min} - X_{\max}$	$X_{\min} - X_{\max}$
Перезимовавшие особи		
♂	2,02±0,05 – 2,21±0,11	1,97±0,06 – 2,23±0,12
♀	1,96±0,07 – 2,25±0,07	1,97±0,07 – 2,28±0,05
I поколение		
♂	2,01±0,06 – 2,26±0,09	2,05±0,07 – 2,30±0,08
♀	2,01±0,06 – 2,24±0,09	2,05±0,04 – 2,29±0,09

Пол	Биотопы с малым уровнем АВ	Биотопы с сильным уровнем АВ
	$X_{\min} - X_{\max}$	$X_{\min} - X_{\max}$
II поколение		
♂	1,99±0,09 – 2,21±0,11	2,02±0,03 – 2,23±0,06
♀	2,03±0,06 – 2,14±0,15	2,03±0,06 – 2,22±0,12

По результатам анализа нижних и верхних границ пределов варьирования (минимальных и максимальных значений) толщины экзокутикулы переднеспинки клопа-солдатика обнаружены схожие значения в исследуемых группах биотопов для самцов и самок (табл. 6).

По абсолютным значениям толщины экзокутикулы переднеспинки клопа-солдатика не выявлено достоверных различий между сравниваемыми популяциями ($P \geq 0,05$) в исследуемых группах биотопов (биотопы с малым и сильным уровнями АВ).

Таким образом, в указанных двух группах биотопов не представляется возможным выделить характерные информационно значимые значения толщины экзокутикулы переднеспинки клопа-солдатика в зависимости от уровня АВ.

ВЫВОДЫ

1. Изучены морфологические особенности строения кутикулярного аппарата переднегруди клопа-солдатика. Выявлено различие в особенностях строения эндокутикулярного слоя переднеспинки и переднегрудки клопа-солдатика из различных биотопов Белгородской области. Эндокутикула переднеспинки расположена в виде сплошного слоя, а в эндокутикуле переднегрудки имеются полости, характеризующиеся небольшими размерами с латеральных сторон ($14,5 \pm 1,73$ мкм) и к центру переднегрудки увеличивающиеся в размерах ($140,12 \pm 11,81$ мкм).

2. Установлены статистически достоверные различия в толщине эндокутикулы переднеспинки и переднегрудки клопа-солдатика между самками и самцами. Толщина эндокутикулы самок достоверно больше по сравнению с аналогичными данными самцов во всех популяционных выборках клопа-солдатика из проанализированных биотопов Белгородской области.

3. Сезонные различия по метрическим характеристикам кутикулярного аппарата наиболее выражены по толщине эндокутикулы переднеспинки клопа-солдатика. Максимальные значения по этому показателю наблюдаются весной и летом, а минимальные – осенью. Установлено, что толщина эндокутикулы переднеспинки особей II поколения, собранных осенью, достоверно меньше по сравнению с перезимовавшими особями и особями I поколения клопа-солдатика.

4. Установлено, что толщина эндокутикулы переднеспинки для подавляющего большинства данных достоверно больше у насекомых из биотопов со слабым уровнем АВ по сравнению с насекомыми из биотопов с сильным уровнем АВ.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

*– публикации в печатных изданиях, рекомендованных перечнем ВАК РФ

1. Батлуцкая, И.В. Экологический анализ анатомо-морфологических особенностей строения кутикулы переднеспинки клопа-солдатика (*Pyrrhocoris apterus* L.) / И.В. Батлуцкая, Е.А. Болховитина // Экологическая безопасность современных социально-экономических систем: материалы всероссийской науч.-практ. конф. – М.: ООО «Глобус», 2009. – С. 184-189.

2. Батлуцкая, И.В. Молекулярные комплексы кутикулы в анатомо-морфологическом подходе к энтомобиоиндикации наземных экосистем / И.В. Батлуцкая, Е.А. Болховитина // Нанобиотехнологии: проблемы и перспективы: сборник учебно-метод. материалов Всероссийской школы-семинара для студентов, аспирантов и молодых ученых. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2009. – С. 84-91.

3*. Болховитина, Е.А. Изменчивость кутикулы переднеспинки *Pyrrhocoris apterus* L. в различных наземных экосистемах / Е.А. Болховитина, И.В. Батлуцкая, В.А. Глотов // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 11. – С. 117-120.

4. Болховитина, Е.А. Анатомо-морфологические особенности строения кутикулы переднеспинки *Pyrrhocoris apterus* L. в различных наземных экосистемах / Е.А. Болховитина, Е.Н. Хорольская, О.А. Маканина // Эволюционная и популяционная экология (назад в будущее): материалы Всероссийской конференции молодых ученых. – Екатеринбург, 2009. – С. 16-17.

5. Болховитина, Е.А. Морфологические особенности кутикулы переднеспинки клопа-солдатика в различных наземных экосистемах / Е.А. Болховитина, И.В. Батлуцкая // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отд. биологический. Экология. Природные ресурсы. Рациональное природопользование. Охрана окружающей среды. – М., 2009. – Т. 114. – Вып. 3. – С. 64-68.

6. Болховитина, Е.А. Морфологические изменения кутикулы переднеспинки клопа-солдатика в биоиндикации / Е.А. Болховитина // Биологические системы: устойчивость, принципы и механизмы функционирования: сборник материалов III Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Нижний Тагил, 2010. – С. 91-95.

7*. Батлуцкая, И.В. Оценка состояния среды с использованием информационно значимых показателей вида-биоиндикатора (на примере наземных экосистем Алексеевского района Белгородской области) / И.В. Батлуцкая, Е.Н. Хорольская, Е.А. Болховитина, О.А. Маканина // Научные Ведомости Белгородского государственного университета. Сер. Естественные науки. – 2010. – Вып. 11, № 9 (80). – С. 80-85.

8*. Болховитина, Е.А. Анатомо-морфологические характеристики кутикулярного аппарата переднеспинки клопа-солдатика из различных биотопов Белгородской области / Е. А. Болховитина, И. В. Батлуцкая // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 1. – С. 47-51.

Подписано в печать 14.11.2012. Гарнитура Times New Roman.
Формат 60×84/16. Усл. п. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ 315.
Оригинал-макет подготовлен и тиражирован в ИД «Белгород»
308015 г. Белгород, ул. Победы, 85

